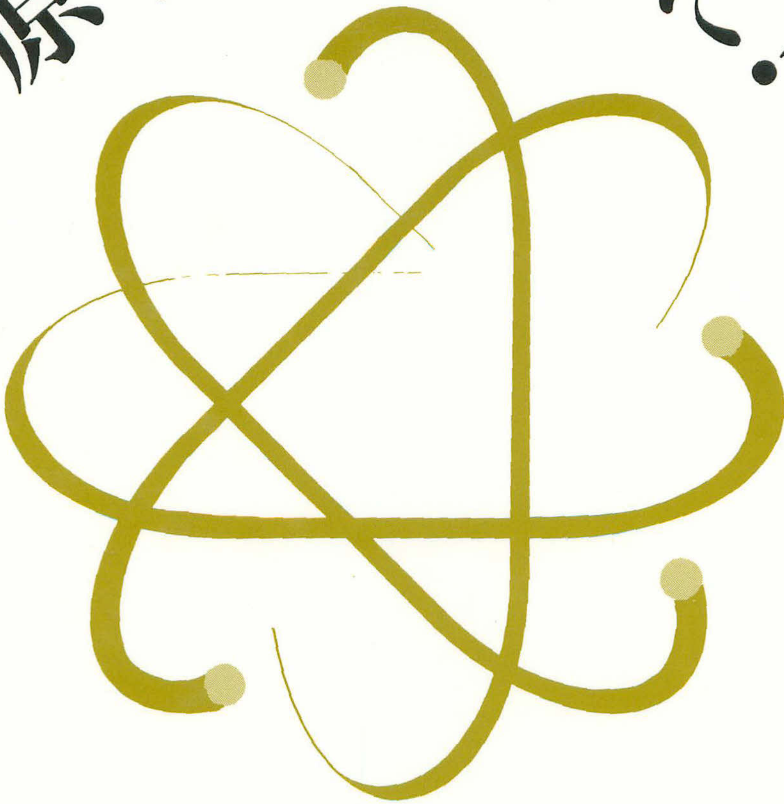
科学発見シリーズ⑩

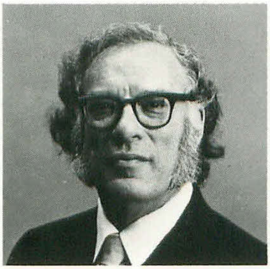
原子力ってなに？



アイザック・アシモフ

竹内 均・監訳

KYOIKUSHA



●アイザック・アシモフ

1920年、ロシア生まれ。その後アメリカに移住。コロンビア大学で理学博士となる。現在、ボストン大学準教授。世界的な科学作家として著名。代表作に『宇宙の組成』(トマス・エジソン財団賞)、『生きた河』(ハリード・ブレイクスリー賞)、『知識人の科学案内』など。その他著作多数。

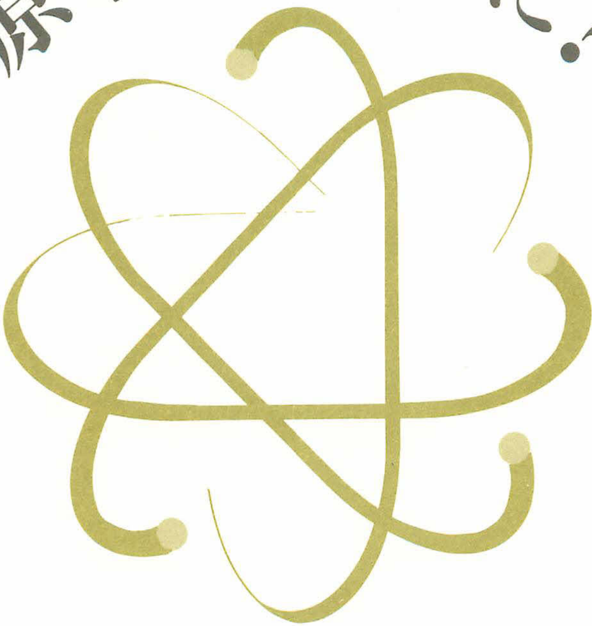


●竹内 均

1920年、福井県生まれ。1943年、東京大学理学部卒。1963年、東京大学教授。1964年、ベルギー科学アカデミーよりラグランジュ賞受賞。1982年、NHK放送文化賞受賞。現在、東京大学名誉教授。科学雑誌『ニュートン』編集長。著書に『地球の科学』、『続 地球の科学』、『地震の科学』など多数。

科学発見シリーズ⑩

原子力ってなに？



アイザック・アシモフ
竹内 均・監訳

KYOIKUSHA

HOW DID WE FIND OUT
ABOUT NUCLEAR POWER?
by
Isaac Asimov

監訳者のことば

この「科学発見シリーズ」はアイザック・アシモフによる「How did we find out…? series」の訳である。

原著者のアシモフは説明の必要がほとんどないくらい有名な科学著作家である。1920年にロシアに生まれ,3歳の時にアメリカにわたった。はじめ医学を志したが,途中で化学に転じ,それで理学博士の学位を得ている。現在ボストン大学の準教授である。しかしこれは形式だけの地位であり,大学当局の許可のもとに,講義などはいっさいしないで,かれは著作活動に没頭している。現在までに約250冊の本を書いており,わが国ではそのうちの約60冊が訳されている。そのうちにはオーソドックスな科学読み物のほかに,多数のSFがふくまれている。

そのかれが小・中学生向きに科学における発見の物語を書いたのがこの「科学発見シリーズ」である。科学におけるほとんどすべての分野の発見の歴史が,このシリーズによって覆われている。そのすべてがベスト・セラーズといってよいかれの著作の中でも,このシリーズは際立ったベスト・セラーズであり,またロング・セラーズでもある。

この「科学発見シリーズ」を読んでいただけば,これがベスト・セラーズであり,またロング・セラーズである理由がすぐに理解される。アシモフの語り口にひかれて,読者はおもしろさのためにわくわくしながら先へ読み進む。そのあいだに知らず知らずのうちに正しい科学的知識が身につく。こうなるためにはまず,高度な内容をやさしい表現にもる技術が必要である。原著者のアシモフは,その点を憎

いばかりに心得た人である。

もう一つ,これらの本に載っているイラストの程度の高さにも注目していただきたい。この二つの点については,日本はまだアメリカやヨーロッパに比べて劣っている点が多い。日本で子供向けの科学教育を考える場合に,この二つはまじめに考慮すべき点である。この「科学発見シリーズ」はそのことを教えてくれる。

科学における発見は,人間の創造性のもっとも輝かしい現われであり,人間の最高の喜びといってよいものである。この「科学発見シリーズ」は,まるでその場に居合わせたかのように,その発見の喜びを語ってくれている。このシリーズが日本の数多くの子供たちによって読まれることを願わずにはいられない。

1982年　竹内 均

●目次

1
電子

1800 年代の終わりごろまで，化学者たちは，物質のもっとも小さい単位は「原子」である，と考えていました。原子のひとつひとつはあまりにも小さすぎて，精巧(せいこう)な顕微鏡(けんびきょう)でも見ることができませんでした。

原子には 100 以上の種類があります。それぞれの原子が同じ種類の原子と結合して，「元素」をつくります。鉄は鉄原子，イオウはイオウ原子，酸素は酸素原子でつくられているというわけです。

物質ではないと考えられているものに「電気」がありました。電気はさまざまな固体や液体の中を通りぬけ，針金を伝わる電気が針金をかがやかせたり，モーターを回したりします。そのころの科学者たちは，電気が原子でつくられているとは考えていなかったので，いったいなんでできているのか不思議に思っていました。

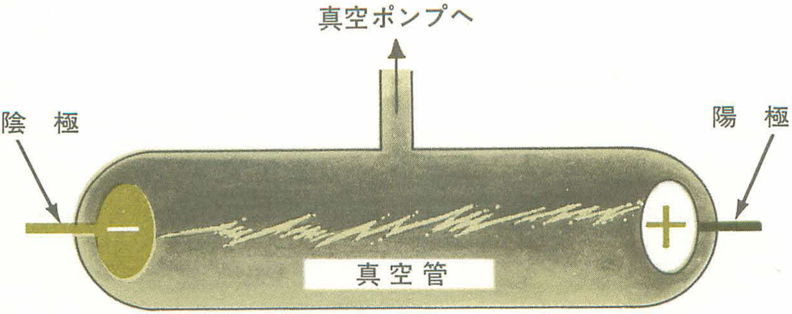
もしも，電気が流れている針金から電気をとり出すことができれ

ば，電気を調べることはかんたんになるかもしれません。電気は空中で火花のように明るくぱっと光ることがあります。ところが，このような火花は長くかがやいていないので，この研究はたいへんです。そのうえ，電気の火花は空気をつくっているさまざまな原子とまざりあっているので，研究はいっそう複雑になります。

電気を真空中に流してみましょう。真空とは，なにもない，空気さえない空間のことです。

この実験をするためには，まず，管から空気を全部ぬかなければなりません。そして，この管の中に2枚の金属板をべつべつの場所に置くと，電流が一方の金属板からもう一方へと流れます。

100年以上もまえの1855年に，ドイツの発明家ハインリヒ・ガイスラーがはじめてそのような真空管をつくりました。これで科学者たちは真空中を流れる電流を調べることができるようになりました。そして，真空中に電流を流すと直線上に進むものが生じることがわかったのです。これが「放射エネルギー」とか「放射線」と呼ばれるものです。



科学者たちが放射線の存在をみとめたのは，放射線がかすかに光っていて，その放射線が管のガラスにあたると，その部分のガラスがより強く光を放ったからでした。

1876年，ドイツの科学者オイゲーン・ゴルトシュタインは，「陰極(いんきょく)(マイナス)」のほうの金属板から放射線が出ることを明らかにし，この放射線を「陰極線」と呼びました。

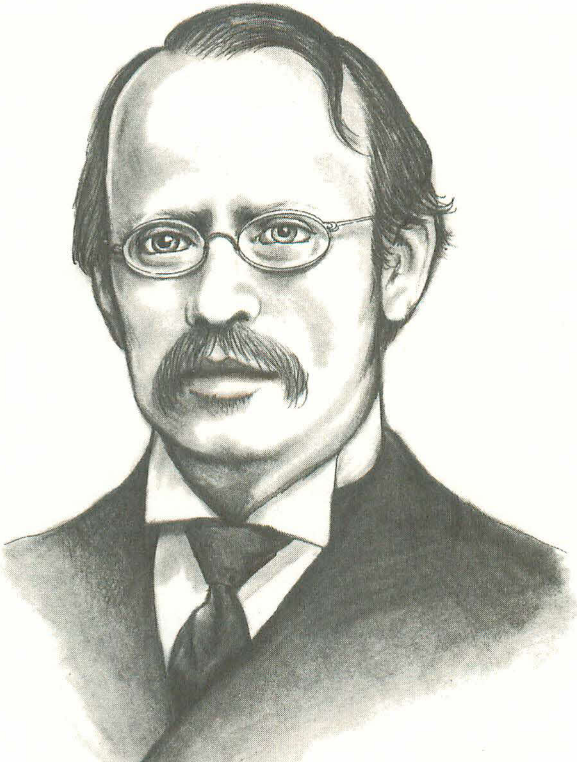
陰極線は一種の光だ，と考えた人たちがいました。光は長さが一定の小さな波ですが，陰極線はそれと同じ種類で，ただその波長は光の波長よりわずかに短い，というのでした。

ところが，磁石を真空管に近づけてみると，陰極線の通り道が曲がったのです。光は磁石があってもなくても直進するので，これは光にはない反応でした。

フランスの科学者ジャン・バプティスト・ペランは，1895年，陰極線が電荷（電気の量を「電荷」といいます）をもつことを明らかにしました。通り道が曲がったのは，このためだったのです（磁石は電荷を引きつけます）。

物質の粒子(りゅうし)は電荷をもつことができますが，光はできません。そこでペランは，陰極線は電気を帯びた小さな粒子でつくられている，と考えました。

1897年，陰極線の通り道が曲がったことについて研究したイギリスの科学者ジョゼフ・ジョン・トムソンは，磁気力(じきりょく)の強さやその通り道の曲がり方から，小さな粒子のほんとうの大きさを計算することができました。おどろいたことに，陰極線の粒子は原子よりはるかに小さく，原子のなかでもっとも小さいとされる原子のわずか1800分の1しかありませんでした。



ジョゼフ・ジョン・トムソン

この陰極線の粒子は，原子よりも小さいので「原子をつくる粒子」とされ，トムソンは，この粒子が電流の中から発見されたので，「電子」と呼びました。

こうして科学者たちは，粒子には2つの種類があることを知りました。物質をつくる小さな原子と，電気をつくるさらに小さい電子です。これら2つの粒子のあいだにはなんらかのつながりがあるのでしょうか？

陰極線に関するそのほかの実験から，その答えが見つかりました。1895年，ドイツの科学者ウィルヘルム・コンラート・レントゲンは，陰極線が物質にあたると，新しい種類の放射線が放出されることを発見しました。この新しい放射線は，ある化学薬品をかがやかし，写真乾板（しゃしんかんぱん）を黒くしました。化学薬品あるいは写真乾板が，1枚のボール紙や木片の後ろにかくれているばあいでも，やはりかがやいたり黒くなったりしました。この放射線は固い物質でもまっすぐに通りぬけることができます。

レントゲンは，この放射線がなんであるかわからなかったので，「X（エックス）線」と名づけました。「X」はわからないものをあらわすのによく使われる数学上の記号です。最後に，X線は光の波に似てはいますが，ずっと短い波であることがわかりました。

レントゲンがこの発見を発表すると，科学者たちはほかのところにX線を見つけようと研究をはじめました。

フランスの科学者アントワーヌ・アンリ・ベクレルは，ウランという元素の原子をふくむ化合物を研究していました。この化合物は，日光があたると光を放ったので，ベクレルはこの光にはX線がふくまれているのではないか，と考えました。



ウィルヘルム・コンラート・レントゲン

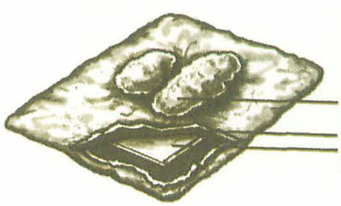
まず，ベクレルは，その化合物を太陽にさらしました。そして，その化合物を黒い紙でつつんで写真乾板といっしょに暗いところに置きました。その光がふつうの光なら，黒い紙を通りぬけることがないので，写真乾板に変化は生じないでしょう。その光にＸ線がふくまれていれば，光は紙を通りぬけるので，写真乾板を現像すると，

写真乾板が黒くなっているのがみとめられるはずです。

写真乾板は黒くなっていました。ベクレルはその光の中にX線があると考え，もういち度それをたしかめることにしました。紙でつつんだ化合物を写真乾板の近くにおいて，日がのぼるのを待っていました。でも，つぎの日はくもりで,さらにその後数日間，空は雲でおおわれていました。

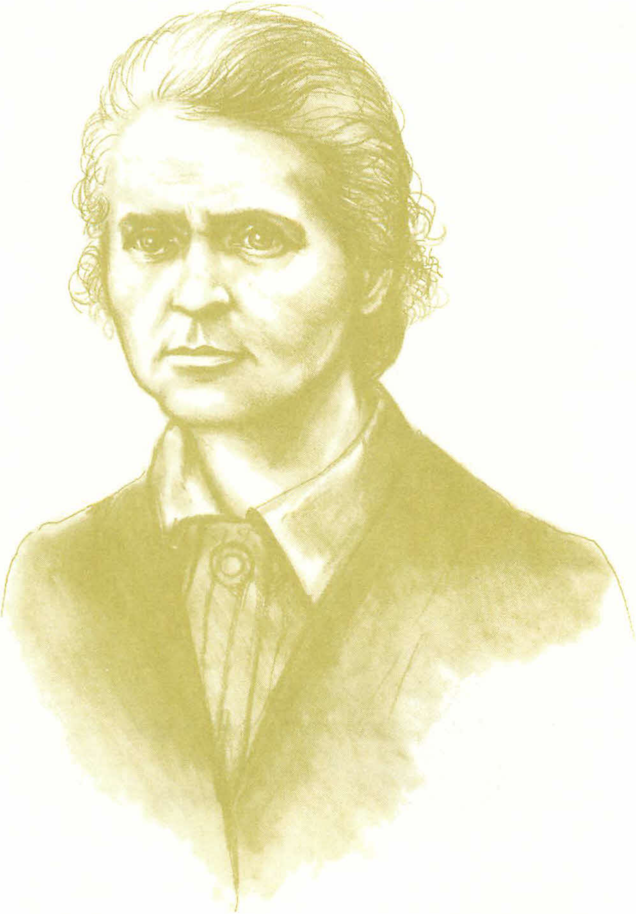
待ちくたびれたベクレルは，その日も雲が多くうす日がさす程度の天気だったのですが，その太陽からのかがやきがどうなっているかを見ようと，写真乾板を現像してみました。写真乾板はかなり黒くなっていました。化合物は太陽にさらされなくても放射線を放っ

ベクレルの実験





放射能をうつす写真乾板

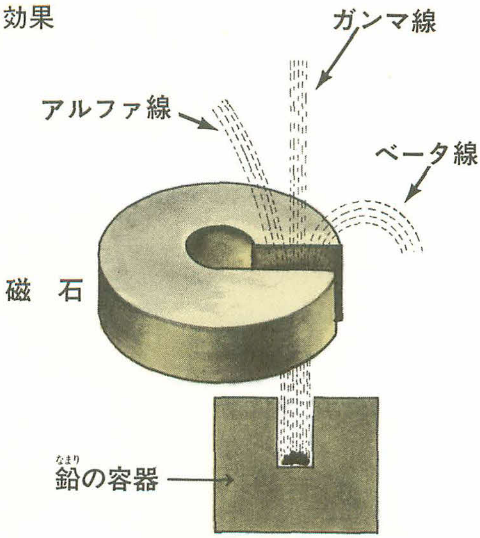


マリー・キュリー

ていたのです。その後の実験でもこの化合物は，いつでも放射線を放っていることがわかりました。

ポーランド系フランス人の科学者マリー・スクロドウスカ・キュリーは 1898 年に，その化合物が活発に放射線を放つのはその中にある「ウラン原子」によることを発見し，このウランを「放射性物質」

放射線におよぼす磁石の効果



と呼びました。その後キュリーは，ほかの元素のトリウムも「放射性物質」であることを証明しました。

その後，ウランやトリウムは3種類の放射線を放っていることが明らかになりました。そのひとつは，磁石があると一方向にわずかに曲がり，もうひとつはその反対方向に大きく曲がりました。あとひとつは，そこに磁石がないかのようにまっすぐに進みました。

ニュージーランドの科学者アーネスト・ラザフォードは，この3種類の放射線にギリシア語のアルファベットのはじまりの3文字を使った名前をつけました。わずかに曲がった放射線には最初の文字をとって「アルファ線」，かなり曲がった放射線は2ばんめの文字から「ベータ線」，まったく曲がらなかった放射線には3ばんめの文字から「ガンマ線」という名をつけました。

ガンマ線は曲がらなかったので，この放射線は光やX線に似たも

のであると考えられ，それがたしかめられました。ガンマ線はX線よりさらに短い波長でした。

ベータ線は，磁石の近くでそれが曲がるということから，電気を帯びた「ベータ粒子」でつくられているにちがいないということになりました。さらにその通り道の曲がり方がとても大きかったので，ベータ粒子の重さはひじょうに軽いはずだと考えられました。1900年，ベクレルはベータ粒子が電子と同じ重さと電荷をもっていることを発見し，ベータ粒子が電子そのものであることを証明しました。

でも，これはちょっと不可解なことでした。電子が発見されたとき，それは電流の粒子である，と考えられていました。ところがここで，電子がウランやトリウムから放出されていることになったからです。これらの原子には電流は流れていません。電子はどうして放出されていたのでしょうか？

当時，ウランやトリウムはもっとも重い原子をもつ物質として知られていました。ひじょうに重い原子を特別にほかのものとは異なるものにしているなにかがあるのでしょうか？

ところが，ウランやトリウムはそれほどかわったものではないことがわかりました。

1899年，トムソンは紫外線(しがいせん)を研究していました。紫外線は，ふつうの光よりほんのすこし短い波です。トムソンは，紫外線が一定の金属元素の表面にあたると，なにが起こるかを調べました。

どんな種類の光でも，その波が短ければ短いほど，その光はより強いエネルギーをもっています。短い紫外線の波は，より長いふつうの光の波より強く金属面にあたりました。

ふつうの光が金属面にあたっても，たいていのばあいなにも起こ

りませんが，紫外線が強くあたると，金属からなにかがはじき出されました。トムソンはこのはじき出されたものが電子であることを発見しました。これを「光電効果」といいます。

光電効果を研究するにつれて，物質に強い紫外線があたると，物質のどの部分からでも電子がはじき出されることがわかってきました。

物質をつくっているのは原子であって，それ以外のものが物質をつくっているのではないことから，電子は原子から生じていなければなりませんでした。このことから科学者たちは，小さな球のかたちをしている原子の中に原子より小さいもの，つまり電子があると考えました。

じつは，これが電流が流れるということなのです。電子はなんらかの方法で原子からひき出されたはずであり，物質の中を通っていたのです。これが「物質と電気の関係」でした。

現在では，電子が発見されていますが，原子がどのようなものであるかをはじめて明らかにしようとしたのはトムソンでした。トムソンは，原子は小さな球のかたちをしていて，その外がわにはレーズン・ケーキのように電子がところどころにくっついている，と考えました。

これはおもしろい考えでしたが，まちがっていました。

2
核（かく）

トムソンはアルファ線を考えに入れなかったために，かれの考え方には問題が出てくることになります。

アルファ線の通り道が磁石によって曲がったことから，アルファ線は「帯電粒子（たいでんりゅうし）」の流れであることがわかりました。でも，これら「アルファ粒子」の通り道の曲がり方はほんのすこしでした。これはアルファ粒子の電荷が電子の電荷よりずっと小さいために，磁石がそれほどアルファ粒子を引きつけなかったのでしょうか？

そうではありませんでした。注意深い研究の結果，アルファ粒子は電子の電荷のちょうど2倍の電荷をもっていることがわかりました。しかもその電荷は，アルファ粒子が電子とは反対方向に曲がったことから，反対の種類の電荷ということになりました。電子の電荷は負（マイナス）で，その大きさは−1とされ，アルファ粒子の電荷は正（プラス）で，電子の電荷の2倍なので+2とされています。

アルファ粒子が電子より大きい電荷をもっているのに，どうしてアルファ粒子は磁石の引力で，電子よりも大きく曲がらなかったのでしょうか？　もし，アルファ粒子が電子よりずっと重く，質量も大きいとすれば，直進するアルファ粒子が，電子ほど磁石のほうへ引きつけられなかったことが説明できます。その後，アルファ粒子は電子の7000倍の質量をもつことが明らかになりました。

このことは，アルファ粒子は原子のなかでもっとも軽いとされる「水素原子」のおよそ4倍，ちょうど「ヘリウム原子」と同じ質量をもっているということです。

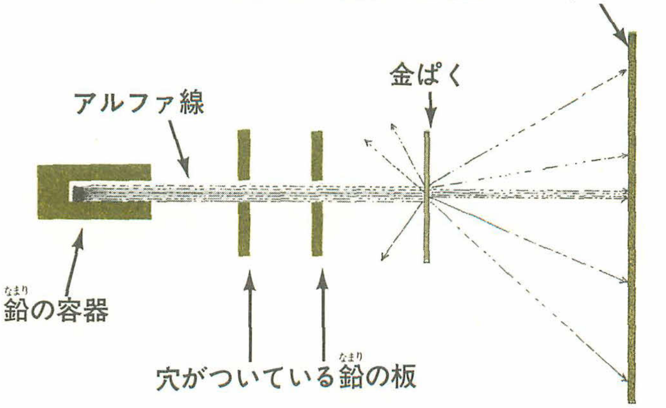
アルファ粒子が原子と同じ質量をもっているとしても，その大きさはひじょうに小さく，原子よりずっと小さいものでなければなりませんでした。いずれにしても，アルファ粒子は問題なくふつうの物質とみとめられたのです。

1906年，ラザフォードは密閉した容器の中にたくさんのアルファ粒子を閉じこめることができました。たくさんのアルファ粒子が容器にたまるにつれて，最初はなかったヘリウムが容器の中にはいっているのが見つかりました。

どういうわけか，アルファ粒子がヘリウムに変化していたのです。アルファ粒子は原子をつくる粒子ではなく，原子でした。しかし，電子が加わったのに質量はかわっていません。たぶん，電子の質量はひじょうに小さいので，原子全体の質量にはほとんど影響(えいきょう)をおよぼさないのでしょう。

ラザフォードはべつの実験をしました。その実験は，放射性物質から出るアルファ粒子を，うすくした金ぱくに衝突(しょうとつ)させてみることでした。アルファ粒子の大部分が問題なく金ぱくを通りぬけました。

アーネスト・ラザフォードの金ぱくを使った実験



金ぱくを通りぬけたアルファ粒子は，金ぱくの向こうにおかれた写真乾板にあたって，それを黒くしました。アルファ粒子があたった写真乾板の場所は，金ぱくがそこになかったときにアルファ粒子がちょうどあたると思われるところでした。

しかし，ときどきアルファ粒子は，金ぱくのなにかに衝突してはずんでしまい，写真乾板の端（はし）のほうを黒くしていました。

1909年までに，ラザフォードは原子の空間のほとんどが電子群でつくられ，その電子はとても軽いので，質量の大きいアルファ粒子は問題なく電子の中をまっすぐにおしわけていくと説明していました。

しかし，原子の中心には，小さいが，ひじょうに質量の大きい「原子核（げんしかく）」があります。この原子核はひじょうに小さく，ほとんど場所をとらなかったので，ラザフォードはアルファ粒子の実験のなかで，いつもこの原子核を見落としていたのです。しかし，ときどきアルファ粒子は，そのひじょうに質量の大きい核に衝突して飛びは

ねていたのです。この衝突の数はとても少なかったので，ラザフォードは，原子核がほんとうにとても小さいことが理解できました。その大きさは，およそ10万個の原子核をならべても，1個の原子の端から端までにおさまるくらいでした。

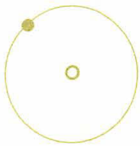
そして，アルファ粒子はヘリウム原子の原子核そのものでした。アルファ粒子がそのまわりのあちこちに電子を集めると，ふつうのヘリウム原子になりました。

種類の異なる原子を区別しているのは，原子核の電荷の大きさです。1914年にイギリスの科学者ヘンリ・グウィン＝ジェフリーズ・モーズリーが，はじめてこれを明らかにしました。たとえば水素原子核は電荷＋1，水素原子核の外がわは電荷−1の電子1個となっています。原子核と電子の電荷は，たがいにバランスがとれているので，原子全体は電荷をもっていないことになります。

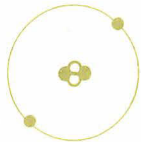
同じように，ヘリウム原子核は電荷＋2で，外がわにはそれとバランスをとるために電子が2個（電荷−2）あります。炭素原子核は電荷＋6で，電子が6個(電荷−6)，酸素原子核は電荷＋8で，電子が8個（電荷−8)，鉄原子核は電荷＋26で，電子が26個（電荷−26)，さらにウラン原子核は電荷＋92で，電子が92個(電荷−92)となっています。

原子核の電荷の大きさは，その元素の「原子番号」と呼ばれています。たとえば，水素の原子番号は1，ヘリウムは2，炭素は6，酸素は8，鉄は26，ウランは92です。こうして現在，1から105までの原子番号をもつ原子がわかっています。

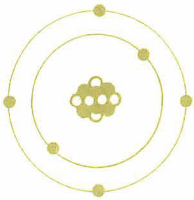
1914年までに，すべての原子が電子群に囲まれた小さな原子核からできていることは，かなりたしかなことのように思われました。



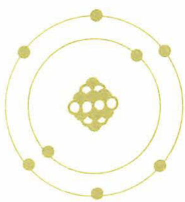
水　素



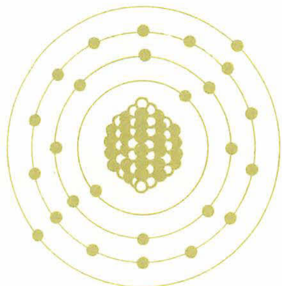
ヘリウム



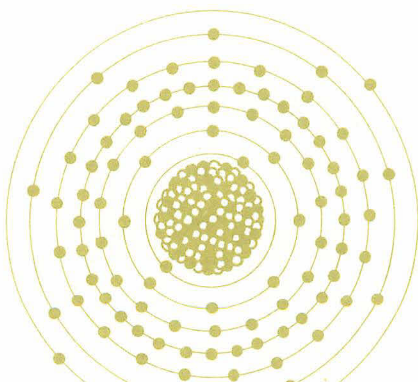
炭　素



酸　素



鉄



ウラン

原子核はとても小さいので，ただひとつの粒子からできているのでしょうか？

ところがそうともいえません。ウラン原子核は，ヘリウム原子核であるアルファ粒子を放ち，ほかの原子核ももっと小さい粒子を放っています。こうしたことから原子核は，より小さい粒子でつくられているのではないかと想像されました。

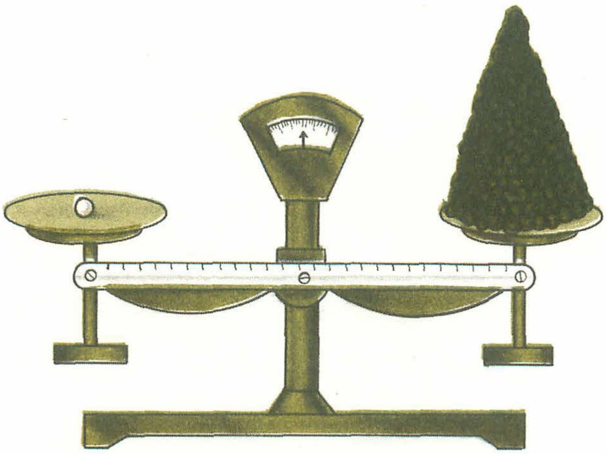
もっとも小さい原子核は水素の原子核で，電荷は+1，そしてそれは電子と同じ電荷です。1914年に，水素の原子核より小さい電荷は存在し得ないと考えたラザフォードは，水素原子核にギリシア語で「いちばん」を意味する「陽子（プロトン）」と名づけました。

そのほかすべての原子核が，ひとつひとつの正の電荷にたいして1個の陽子をもっているように思われました。ヘリウム原子核は2個の陽子をもち，炭素原子核は6個，酸素原子核は8個，鉄原子核は26個，ウラン原子核は92個の陽子をもつことになります。

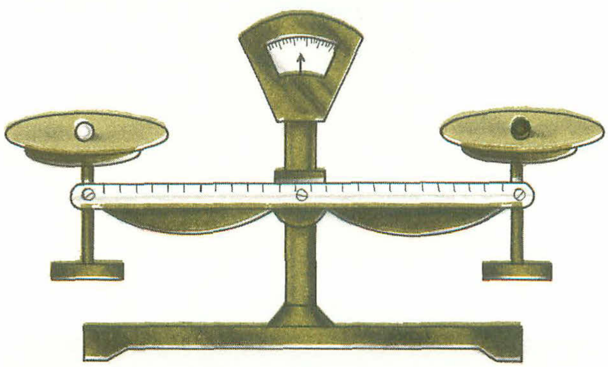
ところが，この考えのすべてが事実と一致（いっち）していたわけではありませんでした。

たとえば，ヘリウム原子核は電荷+2をもっているので，陽子を2個もっているはずです。もし，これがヘリウム原子核のもっているもののすべてだとしたら，ヘリウム原子核の質量は，陽子を1個もつ水素原子核の質量の2倍になるはずでした。しかし実験結果から，ヘリウム原子核の質量は水素原子核の4倍であることが明らかにされていました。つまり，ヘリウム原子核の2個の陽子はその核の質量の半分ということになります。そうだとすると，あとの半分の質量にあたるのはなんなのでしょうか？

陽子の質量と原子の質量とのあいだのこの問題は，+1より大き



陽子１個と，電子1836個は同じ重さ

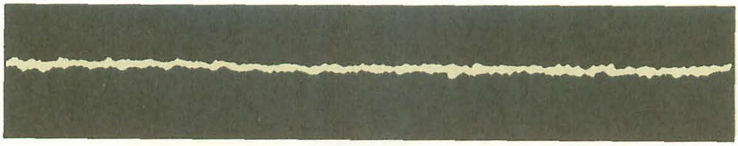


中性子１個は，陽子１個と同じ重さ

い電荷をもつすべての原子に見られました。たとえば，ウラン原子核はその核に92個の陽子をもっていますが，その質量は水素原子核の238倍です。

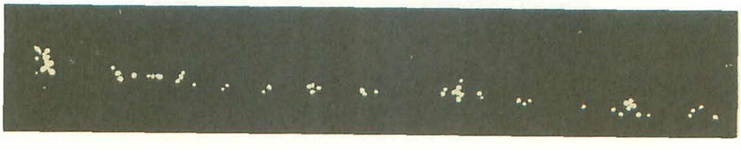
科学者たちはこの不足分の質量を説明する方法を研究しましたが，有効な解決法は，なかなか見つかりませんでした。しかし，1932年に，イギリスの科学者ジェームズ・チャドウィックがその答えを見つけることになります。

科学者たちは陽子と電子の流れを見つけだす方法を開発していました。これらの粒子の電荷は「霧箱(きりばこ)」と呼ばれる特別な装置(そうち)の中で，水滴(すいてき)を生じて粒子の存在をしめし，その線が，これらの粒子の通り道をしめしていました。



霧箱(きりばこ)の中でおそい陽子が飛んだ跡(あと)

霧箱(きりばこ)の中で速い陽子が飛んだ跡(あと)





ジェームズ・チャドウィック博士

しかし，アルファ粒子がベリリウムという元素の原子核に衝突したときは，まったく水滴をつくらない放射線が生じたのでした。科学者たちはその放射線を見つけだすことはできませんでしたが，その放射線がパラフィンに衝突すると，パラフィンの中のいろいろな原子核から陽子が飛びだしてくることは知られていました。

チャドウィックは，これらの陽子をはじき出しているものがなんであるかを考えました。電子はとても軽いので，原子核から陽子をはじき出すことができないということから，陽子をはじき出しているものの質量は大きいにちがいないと推定されました。

質量の大きい未知の粒子は，どんなものであれ，電荷をもたないものであり，霧箱の中で水滴を生じないので，その通り道を見ることができないものであることが考えられます。このことから，チャドウィックはこの放射線は陽子と同じくらいの大きさで，しかもまったく電荷をもたない粒子である，と説明しました。チャドウィックは，この未知の粒子が正の電荷も負の電荷ももたない，電気的に中性であることから，これを「中性子」と呼びました。

原子核が陽子と中性子をもっているとすることで，原子核の問題は解決されました。ヘリウム原子核は2個の中性子をもっているので，2個の陽子が原子核に電荷+2をあたえ，2個の陽子と2個の中性子がヘリウム原子核の質量を水素原子核の質量の4倍にしていたのでした。

これはほかの原子核にもあてはまりました。1個の陽子しかもたない水素原子核をのぞき，すべての原子核は陽子と中性子の両方をもっていることがわかったのです。ウラン原子核は92個の陽子と146個の中性子をもっているので，その電荷は+92，その質量は92

プラス146となり，水素原子核の238倍の質量をもっていることになります。

それぞれの元素の原子核はすべて同数の陽子をもっていますが，中性子の数は同じとはかぎりません。そのため同じ元素の原子核でも質量が異なってきます。たとえば，あるウラン原子核は92個の陽子をもっていますが，中性子を143個しかもっていないために，その質量は92プラス143で，水素原子核の235倍の質量しかもたないのです。

同数の陽子をもっていても，中性子の数が異なる原子核を「アイソトープ(同位体)」と呼びます。これらの原子核は核の合計粒子数によって名前がつけられています。たとえば，92個の陽子と146個の中性子をもつウラン原子核は，「ウラン238」で，92個の陽子と143個の中性子をもつウラン原子核は，「ウラン235」と呼ばれているのです。

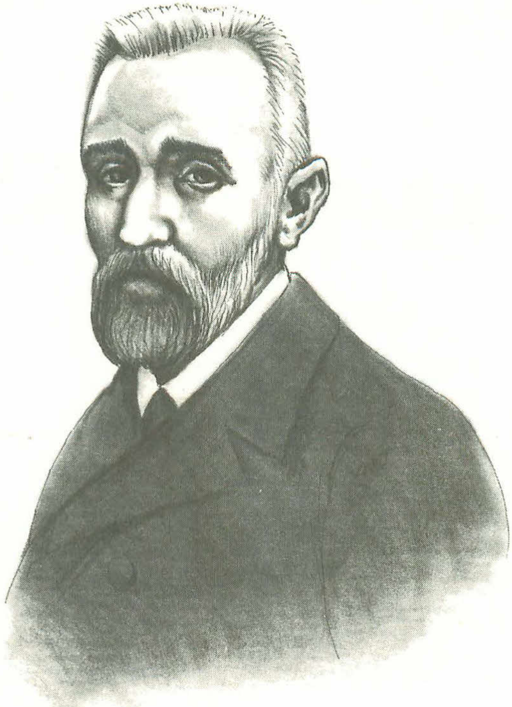
それぞれの元素の同位体は，かならずしも同じ数だけあるわけではありません。たくさんあるものもあれば，わずかしかないものもあります。たとえば，ウラン原子を1000個とり出してみても993個はウラン238で，わずか7個がウラン235なのです。

3
核エネルギー

ウランのような放射性元素から生じる放射線は，大量のエネルギーをもっています。たとえば，ガンマ線は光よりも大量のエネルギーをもち，アルファ粒子やベータ粒子は1秒に数万キロメートルも進むので，この速さもこれらの粒子に大きなエネルギーをあたえています。

放射性元素によって生じるエネルギーがどれくらいのものであるかが，マリー・キュリーの夫でフランスの科学者ピエール・キュリーによってはじめて調べられました。1901年，ピエール・キュリーは「ラジウム」と呼ばれる放射性元素が出すエネルギー量を測定しました。この元素は3年まえにキュリー夫妻が発見していたものでした。

ラジウムはほんとうに少量しか存在しませんでしたが，ピエールの測定から，1オンス（28.35グラム）のラジウムを1カ所に置いておくと，その粒子や放射線が1時間に放出すると思われるエネル



ピエール・キュリー

ギー量は4000カロリーほどになることが明らかになりました。

1オンスのガソリンが燃えると，このガソリンは，32万5000カロリーを放出し，ラジウムが1時間に放出するエネルギーの80倍にもなるので，ラジウムの4000カロリーは少ないように思えます。

しかし1オンスのガソリンは燃えてしまえば，そこにはなにも残りません。でも，ラジウムは1時間に4000カロリーのエネルギーを放出したのちも，放出をつづけるのです。

1時間後も1オンスのラジウムは，1時間に4000カロリー放出し，

そのつぎの1時間にも4000カロリーを放出する，というわけです。こうして80時間後には，ガソリンを燃やして得られるのと同量のエネルギーを得ることができ，800時間後にはその10倍，8000時間後にはその100倍になるのです。

ラジウムも時間がたつにつれて，放出するエネルギーの量はたしかに落ちてきます。けれども，その減り方はひじょうにゆっくりしたもので，その放出量がはじめの量の半分に減るのは，放出をはじめてから1620年後のことです。ラジウムが放射しなくなるまで，燃えているガソリンと同じ重さのエネルギーの25万倍ほどのエネルギーを放出することになります。

このエネルギーはどこから生じるのでしょうか？

1840年代には科学者たちは，エネルギーはどこかから生じなければならないものであり，放射能のエネルギーもどこかから生じているとかたく信じていました（このシリーズの7『エネルギーってなに？』を見てください）。

科学者たちは，化学物質がたがいに結合するときに生じるエネルギーについてはよくわかっていました。たとえば，木や石炭やガソリンが燃えると，火の中の炭素や水素の原子が空気中の酸素原子と結合してエネルギーを生じることがわかっていたのです。この種の結合は「化学反応」と呼ばれ，この方法で生じるエネルギーを「化学エネルギー」といいます。

原子の構造がどのようになっているのかが明らかになったので，化学反応は電子がひとつの原子からべつの原子に移動したときに起こることがわかってきました。電子の配列の中には原子構造の固い結合の中に，ばく大なエネルギーをふくんでいるものもあれば，す

こししかふくんでいないものもあります。その配列が高エネルギー含有量のものから低エネルギー含有量のものに変化すると，その差のエネルギーが光や熱などのほかのかたちで放出されなければなりません。

電子のばあいはそのようになりますが，原子核の陽子や中性子はどのようになるのでしょうか？　陽子と中性子の配列にも，その構造の中に大量のエネルギーをふくむものがありますが，それほどふくんでいないものもあります。もし高エネルギー配列が低エネルギー配列に変化すれば，同様にその差のエネルギーが放出されます。これはひじょうに短い波長の放射線や高速度の粒子のかたちで放出されます。

放射能では，ウラン，トリウム，ラジウム，そのほかの元素の核の中の陽子や中性子を配列しなおすことで，エネルギーを減らします。これを「核反応」といいます。このときエネルギーが発散しますが，これを「核エネルギー」といいます（「原子力」といわれることもあります）。

原子核の陽子と中性子は電子よりずっと質量が大きく，電子よりもたがいに密に固くまとまっています。これは，陽子と中性子の構造に結びつくエネルギー量が，電子の構造に結びつく量よりはるかに大きいことをしめしています。このために放射能を放出するエネルギーは，ガソリンが燃えたばあいより大きくなるわけです。

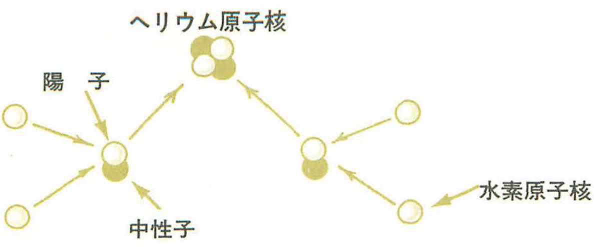
科学者たちはいろいろな原子核を研究した結果，中ぐらいの大きさの原子核のもつエネルギーがいちばん少ないことがわかってきました。ウランやトリウムの原子核のように，ひじょうに質量の大きいものが大量のエネルギーをもっているのです。これが少ないエネ

ルギーをもつ，いくぶん小さい原子核に配列しなおされると，その差のエネルギーは放射線や粒子として放出されます。

同じようにもっとも軽い原子核の粒子が，やや大きい原子核に配列しなおされると，エネルギーは減ることになり，その減ったエネルギーも放射線や粒子として放出されます。

これが100年近くのあいだ科学者たちが考えていた疑問にたいする答えとなりました。太陽はあらゆる方向に大量のエネルギーを放出し，しかもそれを数十億年ものあいだつづけているのです。このエネルギーはどこから生じるのでしょうか？　はじめのうちはこの問いにたいする満足すべき答えはありませんでした。

しかし，天文学者たちが太陽はそのほとんどが水素であることを発見しました。ドイツ系アメリカ人の科学者ハンス･アルブレッチ･ベーテは1938年に，それぞれ陽子1個で構成されている水素原子核の4つが配列をしなおされて，2個の陽子と2個の中性子で構成されるヘリウム原子核になることを証明しました。その結果，エネルギーが放出され，太陽がひじょうに長いあいだかがやきつづけることが明らかになりました。太陽エネルギーは核エネルギーのおかげだったのです。



4つの水素原子核（げんしかく）が配列しなおして1つのヘリウム原子核（げんしかく）をつくる



ハンス・アルブレッチ・ベーテ

核エネルギーが理解され，ばく大な量のエネルギーが原子核の中に閉じこめられていることがわかってくると，そのエネルギーを人類のために利用できるのではないか，という考えがではじめました。人類は，木や石炭や油を燃やして，電子が移動して起きる化学エネルギーをなん千年ものあいだ利用してきました。それにかわるものとして，陽子や中性子を移動させて核エネルギーを得れば，同じように利用できるのではないでしょうか？

エネルギーが人間の仕事に使われるばあい，これを「パワー(力)」といいます。問題は，人類がこの新しい力「原子力」を利用できるかどうかでした。

核エネルギーは大量にありますが，それが放出するのにはじつに長い時間を必要とします。ウランやトリウムはもっとも一般的(いっぱんてき)な放射性元素ですが，そのエネルギーが放出するのにはなん十億年もの時間がかかります。

しかもエネルギーをもっと速く放出させることは，科学者にとってもやさしいことではありません。化学反応のばあいは，その速度を速めるのはかんたんです。たとえば，マッチは火をつけるまえには燃えているようには見えませんが，実際はマッチの化学物質は空気中の酸素とゆっくり結合しています。そこで，ザラザラした表面にマッチをこすりつけるとマッチはあつくなり，結合速度は速くなり，パッと炎(ほのお)になります。また，ニトログリセリンのびんを置いておき，なにかでそれに衝撃(しょうげき)をあたえると爆発(ばくはつ)してしまいます。

これは，電子が原子の外がわにあるので，電子を原子から原子へ移動させる速度を速めるような熱や衝撃などの変化が，電子にたやすくとどくためです。

一方，原子核は原子の中央に奥深くかくれているので，変化が原子核になかなかとどかないことになります。つまり，ウランに熱を加えたり，たたいたり，化学反応の速度を速めるようなことをしても，ウランの放射能の速度を速めることはできないのです。ウランはそのエネルギーをひじょうにゆっくり出しています。その速度はあまりゆっくりなので，力の源としては役に立たないのです。

必要なのは，原子の外がわの電子の部分をつきぬけて，原子核そのものに，とにかくまっすぐにぶつかるものです。

はじめ科学者たちは，原子をつくる粒子がこれをするのではないか，と考えました。そのもっとも効果的な粒子は，さまざまな放射性元素によって運ばれるアルファ粒子でした。この粒子はとても質量が大きく重いので，電子が存在しないかのように電子をおしのけることができます。

では，アルファ粒子が原子核にぶつかるとどうなるのでしょうか？

4

核反応

アルファ粒子を原子核に衝突させることをはじめて行ったのはラザフォードです。1919 年にかれは，チッソのはいった容器にアルファ粒子をおしこんだところ，容器の中で走り回っている陽子を見つけました。この陽子はどこから出てきたのでしょうか？

アルファ粒子がときどきチッソ原子核にぶつかって，陽子を核から飛びださせていたのです。つまり，アルファ粒子がチッソ原子核にくっついたので，7 個の陽子をもつチッソ原子核は陽子 1 個を失ったかわりにアルファ粒子から 2 個を得たのです。最終的には 8 個の陽子をもち，酸素原子核になったのでした。

これがはじめての人工的な核反応で，人間がある元素をほかの元素に交換させた最初の実験でした。

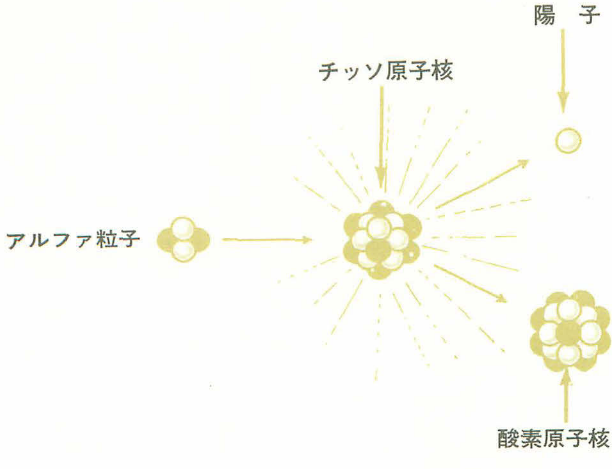
ラザフォードはさらに，アルファ粒子をほかの元素に衝突させて核反応を起こしました。

放射性物質から生じるアルファ粒子は一定のエネルギーしかもっていないので，その一定の力でしか原子核にぶつかることができず，2，3の核反応しか生じません。

そこで科学者たちは，原子をつくる粒子をより速く動かし，もっと大きいエネルギーで衝突させる方法を研究しました。

水素に熱を加えると，それぞれの原子の中の1個しかない電子をはじき出し，1個の陽子だけになったむきだしの原子核を残すことができました。この陽子は磁石で動かすことができるので，適切な装置を使うことによって磁石が陽子を引きつけ，より速く移動させることができました。こうして陽子がばく大な量のエネルギーを得ると，より速い速度で原子核に衝突して陽子と中性子の配列をかえ

チッソから酸素への核反応（かくはんのう）





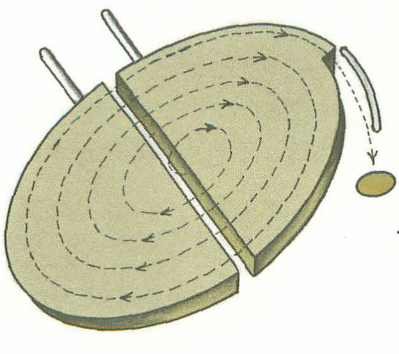
アーネスト・ラザフォード

てしまいます。このような「原子の加速装置」をつくった最初の科学者は，イギリスのジョン・ダグラス・コッククロフトとアーネスト・トマス・シントン・ウォルトンです。かれらが1929年につくったその装置は，1931年に，リチウムという軽い元素の原子核を分裂させるために，陽子の速度を速めるときに使われました。

ほかの科学者たちも加速装置をつくりました。もっとも成功した加速装置は，アメリカの科学者アーネスト・オーランド・ローレンスが1930年にはじめてつくった「サイクロトロン」でした。

サイクロトロンは，磁石が陽子をゆっくり広がっていく円のように回転させるよう設計されたものでした。陽子は回転するにつれて速度を増し，その回転運動は陽子がサイクロトロンから流れでるまで広がっていきました。陽子は，ばく大なエネルギーをもったのです。

1930年代，科学者たちはあらゆる種類の原子核に，より強力な陽子を衝突させて，多くの核反応をつくり出しました。こうした陽子と中性子の配列がえを行っていくうち，原子核がどのようにしてつ



サイクロトロン

くられるかについて多くのことがわかってきました。

原子核についてはだんだんわかってきたのですが，原子力をどのように利用できるかはわかりませんでした。科学者たちがつくり出した核反応から得られるエネルギーはほんのわずかで，速度を増す陽子を生みだすためには，かなりの量のエネルギーを使わなければなりませんでした。実際に原子核に衝突する陽子はほんのすこしで，ほとんどが速度を増すだけで，衝突することもなくエネルギーを消耗（しょうもう）したからです。

その結果，原子核の衝突を試みる科学者は，ほんのわずかの原子力を生みだすために，ばく大な量の電気や磁気エネルギーを使ってしまうことになりました。

1937年にラザフォードはなくなりました。かれは，人類が原子力をいかに利用するかをつきとめることはできないだろうと思っていました。それというのも，当時，原子力を得るためには，とり出せるエネルギー以上のエネルギーをつぎこまなければならなかったからです。

アルファ粒子と陽子を使うことで問題が起こるのは，ともに正の電荷をもっているからです。原子核も正の電荷をもっているので，2つの正の電荷がおたがいに反発しあって突きはなしあいます。つまり，アルファ粒子あるいは陽子が原子核に近づくと，その反発作用のために進入方向がかわってしまい，衝突の数を減らしてしまうのです。

それなら，中性子はどうでしょうか？　中性子はまったく電荷をもっていないので，原子核から反発をうけることはありません。中性子は核反応を生じるほどのエネルギーをもつことができるでしょ



エンリコ・フェルミ

うか？

陽子は電荷をもっているので，磁石によって速度を増し，エネルギーを得ることができます。中性子は電荷をもっていませんから，磁石によって動かしたり速度を増したりすることはできません。

1934年，イタリアの科学者エンリコ・フェルミは，中性子の速度を速める必要はないことを発表しました。中性子はゆっくり動き，ひじょうに小さいエネルギーしかもっていないと考えてみましょう。中性子が正しい方向に動いたとすれば，中性子の1つが原子核に到達（とうたつ）して吸収されるかもしれません。というのも原子核の正の電荷が中性子をおしかえすことはないからです。

新しく加わった中性子が，原子核の陽子・中性子の配列を完全に乱して，配列の変換（へんかん）をひき起こすかもしれません。

おそい中性子を原子核に衝突させたフェルミは，多くのばあい原子核が中性子を吸収し，中性子を陽子に変換するような配列になることを発見しました。原子核は陽子を1個ふやしたことになり，原子番号が1つふえた別の元素になるのです。

フェルミはまた，ロジウム元素の原子核に衝撃をあたえました。原子番号45のロジウムは，原子番号46をもつパラジウムになりました。もうひとつの例では，原子番号49をもつインジウムが原子番号50をもつスズになりました。

その当時，もっとも高い原子番号をもつ元素は原子番号92のウランでした。そこでフェルミはこのウランに中性子を衝突させると，原子番号93をもつ新しい元素をつくることができるのではないか，と考えました。原子番号93の元素は自然には存在しませんが，フェルミはそのような方法でまったく新しい元素をつくろうとしまし

た。

そこでウランにおそい中性子を衝突させて，そこから生じる放射線を調べることにしました。そうすれば，新しい種類の原子核がつくられたばあい，その新しい原子核の構造がわかるだろう，と考えたからです。

フェルミは新しい原子番号93の元素をつくることができる，と考えましたが，その結果はひどく混乱したもので，確信のもてるものではありませんでした。

ほかの科学者たちもこの問題にとり組みました。そのひとりがドイツの科学者オットー・ハーンで，かれは協力者であるオーストリア人女性，リーゼ・マイトナーとこの問題を研究しました。

2人は，ウラン原子は粒子を得ているのではなく，むしろ失っているのではないか，と考えました。原子がひと組のアルファ粒子を放出するとしたらどうでしょう。2個のアルファ粒子(合計で4個の陽子をもつ) が92番のウランから分離(ぶんり)すれば，原子番号88をもつラジウムになります。

どんなラジウムもごくわずかしか存在しないのに，どうやってその存在を見つけだすことができるでしょうか？

それにはバリウムという元素を利用する方法があります。バリウムは原子番号56ですが，その化学的性質はラジウムとよく似ているので，バリウムに起こるようなことはラジウムにも起こり得ると考えられました。

ハーンとマイトナーが1938年に行った実験は，ウランにバリウムを加えて，それをまたとり出すことでした。かれらがバリウムをとり出そうとすると，ラジウムも出てきてしまいました。ラジウムに

よってひき起こされるにちがいない，とハーンとマイトナーが考えていた放射線が出てきていたのです。

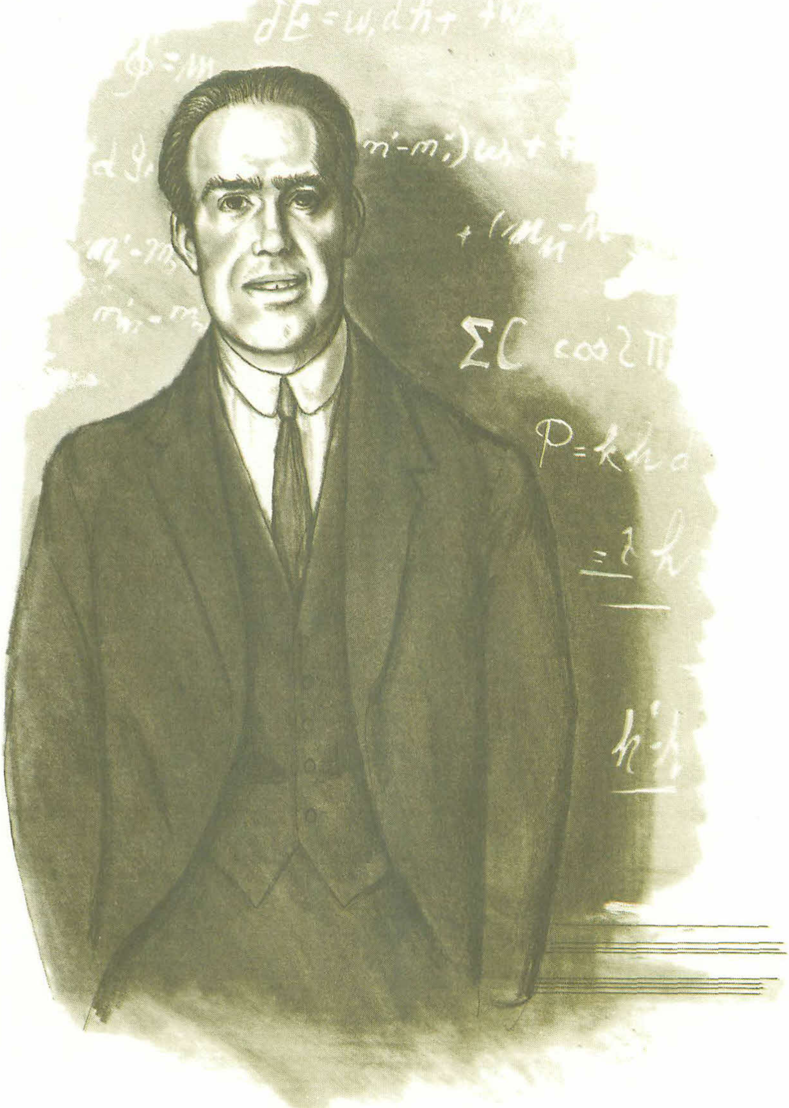
バリウムが出てくると，放射線がそれといっしょに出てくることはたしかでした。ハーンとマイトナーは自分たちの理論は正しく，ラジウムはウランからつくられていると確信しました。

つぎにかれらは，バリウムからラジウムを分離するような化学的方法を使って，放射線を分離しようとしました。しかし，なん度やっても放射線をバリウムから分離することはできませんでした。

ここでかれらの研究が中断されてしまうことが起こりました。当時ドイツをおさめていたアドルフ・ヒトラーは，ユダヤ人から仕事をとりあげたり，かれらを迫害していました。リーゼ・マイトナーはユダヤ人でしたが，オーストリア人でもあったため，しばらくは安全でした。しかし1938年の3月にヒトラーの軍隊がオーストリアに進軍し，占領してしまってから，マイトナーも安全ではなくなりました。マイトナーはオーストリアを出てスウェーデンにのがれていきました。

スウェーデンで，ハーンと行った研究についての問題点を考えていたマイトナーは，バリウムの中にラジウムがあるのではないか，と思いました。たぶんバリウムはバリウム以外のなにものでもないのでしょう。つまり中性子がウランに衝撃をあたえると，特別な種類の放射性のバリウムがつくられるのです。この新しいバリウムは，ウランに加えられたふつうのバリウムといっしょにウランから生じたものなので，2つに分離できませんでした。

では，原子番号56のバリウムが原子番号92のウランからどうやってつくられるのでしょうか？



ニルス・ボーア

原子核からとび出してくるもっとも大きい粒子はアルファ粒子で，原子番号は2です。ですから，ウランからバリウムがつくられるには，18個のアルファ粒子が1個のウラン原子核からとび出さなければなりません。しかし，これが起こるきざしは見られませんでした。

そこでマイトナーは，バリウムが一段階でつくられたのではないか，と考えました。中性子がウラン原子核を2つに分割することによって，バリウムやそのほかのより小さい原子核がつくられるとしたらどうでしょう。こうした分割は「核分裂（かくぶんれつ）」と呼ばれます。マイトナーは「ウランの核分裂」を想定していたのでした。

マイトナーはおいのオットー・ロベルト・フリッシュといっしょに，ウランの核分裂に関する考えを論文にまとめました。これは1939年1月に出版されました。そのまえにフリッシュは，デンマークの科学者ニルス・ボーアとこの概念について話しあいました。

ボーアはそのとき，アメリカで開かれる原子核や核反応に関する科学者会議に出席する途中（とちゆう）でした。その会議で，ボーアはマイトナーの考えを発表しました。科学者たちは会議を終えると，すぐにこの問題にとり組みました。核分裂の可能性を考えていた科学者たちは，中性子がウランに衝突するとなにが起こるかを研究したところ，確実になにが起こるかがわかりました。中性子がウラン原子核にぶつかると，原子核は2つに分割されて大量のエネルギーが放出されたのです。

5

原子炉（げんしろ）

ウランの核分裂に関するニュースを聞いたハンガリーの科学者レオ・ジラードは，ウラン原子が核分裂すると，2，3個の中性子が放出されることに気がつきました。

ウラン原子の分裂によって放出された2個の中性子がつぎの新しいウラン原子に衝突したらどうでしょう。2個のウラン原子は分裂して4個の中性子を放出することになります。つぎにその4個の中性子が4個のウラン原子を分裂させ，8個の中性子を放出させるということになっていくでしょう。

分裂するウラン原子はそれぞれが，だんだん多数の原子に分裂していき，それぞれの核反応がほかの核反応につながり，鎖（くさり）をつくります。これが「連鎖反応（れんさはんのう）」です。

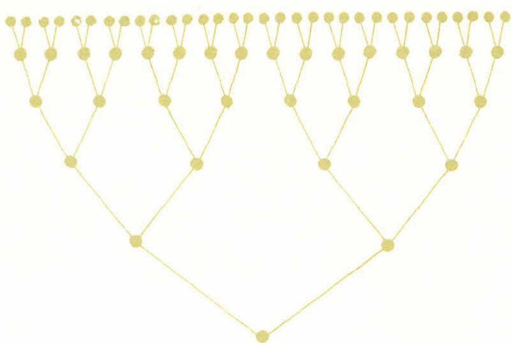
1枚の紙のすみにマッチで火をつけると，化学エネルギーのために連鎖反応が起こります。紙の燃えている部分の熱がその近くから

燃えひろがり，最後には紙全体を燃やしてしまいます。紙全体から放出される熱は，はじめのマッチ棒１本の熱よりはるかに大きくなっています。

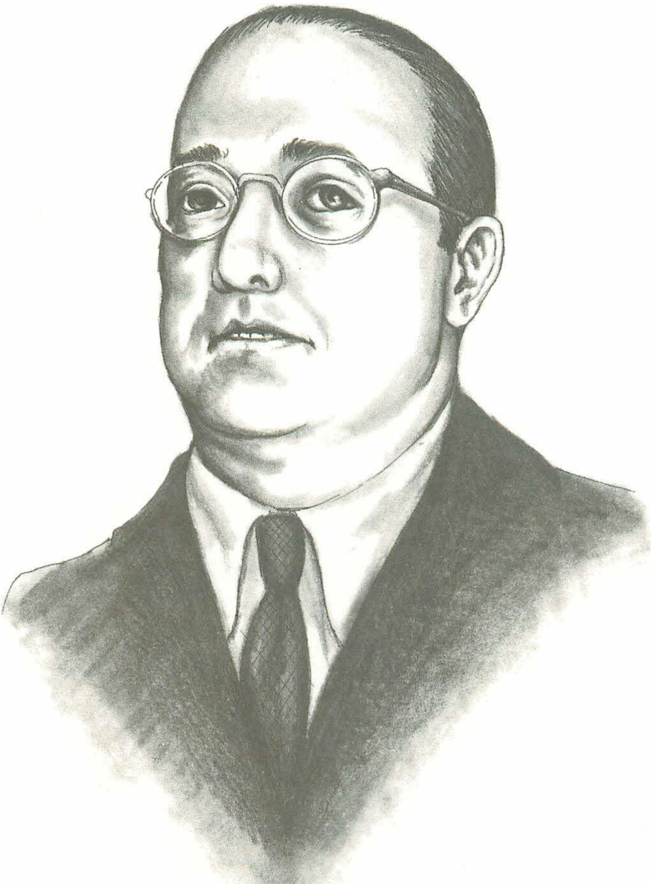
これと同じように，分裂しているウラン原子のそれぞれが少量のエネルギーを放出します。ますます多くのウラン原子が分裂していくにつれて，このエネルギーはふえていきます。このような核分裂によって，最初の中性子から放出されたエネルギーよりはるかに大量のエネルギーが放出されることになります。

核分裂しているウラン原子は，もちろん核エネルギーをふくんでいます。核の連鎖反応は，紙を燃やす化学的連鎖反応よりはるかに短い時間に大量に反応し，核分裂しているウラン原子によって放出されるエネルギーは，紙が燃えることによって放出されるエネルギーよりはるかに大きいのです。

こうしてウランの核分裂によって，人類は原子力を使えるようになりました。科学者たちは使ったエネルギー以上のエネルギーをと



連鎖反応（れんさはんのう）



レオ・ジラード

り出すことができるようになったのです。すなわち，ラザフォードがけっして起こり得ないと考えたことが可能になったのです。

しかし，核分裂で生じる力は危険なものでした。ジラードは，大量のウランが核分裂すると，ばく大なエネルギーを生じて爆発を起こすだろう，と考えました。しかもごく少量のウランの爆発でもふつうの化学的爆発物の数千トンと同じくらいの威力(いりょく)がありました。

このことがジラードをおびえさせました。ジラードはヒトラーの迫害をのがれて，ヨーロッパをはなれていました。ジラードはいずれヒトラーは戦争をはじめるだろう，と思っていました。もしドイツの科学者たちが，「核爆弾(かくばくだん)」(「原子爆弾(げんしばくだん)」ともいわれます) を完成したらどうなるだろう，と心配していたのです。

ヒトラーが核爆弾をもてば，戦争に勝つためにそれを使うことは明らかだと思われ，その結果，全世界が残虐(ざんぎゃく)で，不正な政府のもとにおかれてしまうだろう，と考えました。

そこでジラードは，アメリカが先に核爆弾を手に入れるべきだ，と考えました。

当時，世界でもっとも有名な科学者は，アルバート・アインシュタインでした。かれもまたドイツをのがれて，アメリカに住んでいました。そこでジラードらは，アメリカ大統領フランクリン・デラーノ・ルーズベルトに科学の状況(じょうきょう)を説明する手紙を書くように，アインシュタインを説得しました。この手紙は1939年8月2日におくられ，その1カ月後に第2次世界大戦がヨーロッパではじまりました。1941年12月6日，ルーズベルト大統領はついに核爆弾の開発を命令しました。ちょうどその翌日，日本が真珠湾(しんじゅわん)を攻撃(こうげき)し，アメリカは第2次世界大戦にはいっていきました。

アメリカやそのほかの国々からきた多くの科学者がウランを集め，その中で連鎖反応を起こす方法を研究しはじめました。かれらはとうぜんのこととして爆発力を制御（せいぎょ）できるような連鎖反応を研究しました。「カドミウム」と呼ばれる金属は安全に中性子を吸収するので，大量の中性子が大量のウラン原子を核分裂しすぎないようにカドミウム棒がウランの中に置かれました。

中性子によって分割されるのはウラン 238 ではなく，ほとんど存在しない同位体のウラン 235 であることがわかってきたので，2 つの同位体を分離し，ウラン 235 をより多くとり出す方法が開発されました。

こうしてフェルミがなん年かまえにつくろうとした，ひじょうに質量の大きい原子核をもつ新しい元素がつくり出されました。この新しい元素 93 は「ネプツニウム」，元素 94 は「プルトニウム」と名づけられました。このプルトニウムは，核分裂でつくられます。イタリアをはなれて，アメリカにいたフェルミは，グループの先頭に立ち，核分裂の連鎖を進める研究をしていました。1942 年 12 月 2 日，このグループは成功をおさめることができました。制御できる核分裂の連鎖反応によってエネルギーをつくり出す最初の「原子炉（げんしろ）」がシカゴで運転を開始したのです。

ある科学者のグループは J・ロバート・オッペンハイマーの指導のもとに，核爆弾をつくるために数年間かけて，必要なだけのウラン 235 とプルトニウムを集めました。1945 年 7 月 16 日，最初の核爆弾がアメリカのニューメキシコ州アラモゴードで爆発しました。この爆発は人をふるえあがらせるほどおそろしいものでした。

さらに 2 個の爆弾がつくられました。このときすでにドイツは



Ｊ・ロバート・オッペンハイマー

降伏していましたが，まだ戦争をつづけていた日本の広島に1945年8月6日，1つが落とされ，もう1つがその3日後に長崎に落とされました。日本政府は敗北をみとめ，第2次世界大戦が終わったのです。

核分裂は爆弾としてしか使えないわけではありません。核分裂を制御すれば，エネルギーを爆発させないで使うこともできるのです。科学者たちはシカゴにつくられた最初の原子炉より，小さくても，より効果的で，より役に立つような原子炉をつくろうとしました。

1954年に新しい潜水艦ノーチラス号が進水しました。この潜水艦が必要とする動力は艦内にそなえられた原子炉から供給されています。ふつうの潜水艦は動力源である蓄電池の充電のためになん度も



原子力潜水艦ノーチラス号（アメリカ）

浮上(ふじょう)しなければなりませんが，この原子力潜水艦は，充電の必要がないので長いあいだ水面下にとどまることができるのです。

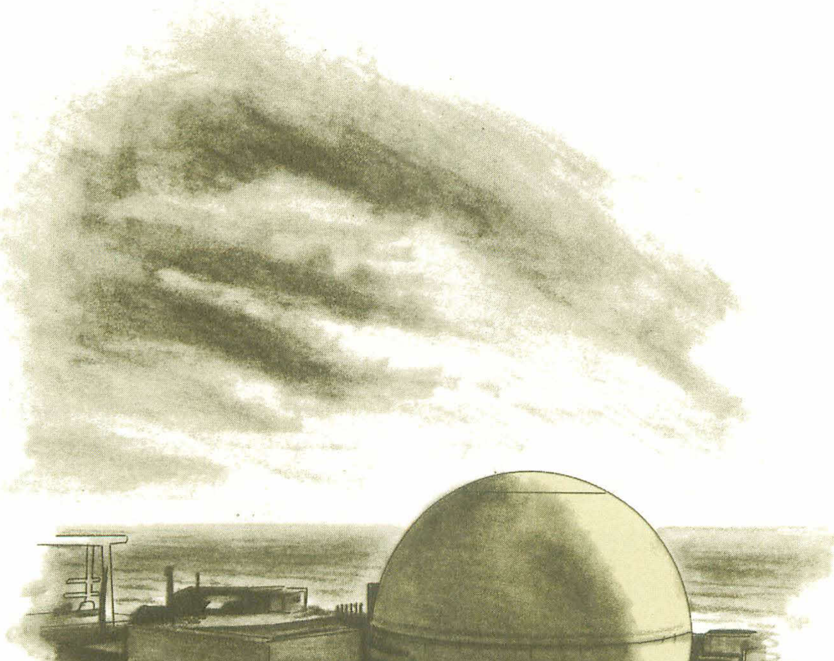
原子炉はまた，平和利用のためにも建設されました。1954年にソ連では小型原子炉が，イギリスではそれより大型の原子炉が建設されました。1958年にアメリカは，それらよりもさらに大型の原子炉をペンシルバニア州シッピングポートに完成させました。

原子力が，1950年代にはじめて使われたとき，世界中の人びとは大量の新しいエネルギーを供給する源となるだろうと期待しました。しかし，ここに問題が出てきたのです。

ウラン235は実際にはすこししかないものなのです。となると，ウラン235を使いはたしたときには，原子力はなくなってしまうのでしょうか？

そこで科学者たちは，原子炉をふつうのウランあるいはトリウムでとり囲むことを学びました。原子炉からとり出された中性子はウランやトリウムの中に変化をもたらし，それらを核分裂する原子核にかえることがわかりました。この方法で，炉の中で使われる以上の燃料をつくることができるようになったのです。このような「増殖炉(ぞうしょくろ)」はウラン235だけでなく，すべてのウランやトリウムを利用することができました。増殖炉を使えば，人類は数十万年ぶんの原子力を見こむことができたのです。

しかし，増殖炉は危険なものでした。それは世界でもっとも危険な物質とされるプルトニウムを使うからです。そして，この増殖炉はとても危険な，しかも，その危険性がなん千年もつづく放射性化合物を生みだすのです。これらの化合物を処理するよい方法はなく，ひとたび事故が起これば，数百平方キロメートルにわたって，その



カリフォルニア州サンクレメンテにある原子炉(げんしろ)

化合物をまき散らしてしまうでしょう。

1970 年代には，多くの人びとが核分裂の利用にだんだん疑問をもつようになってきました。そこで，ほかの種類のエネルギーを使うべきだ，と考えるようになったのです。

原子力には別の種類のものがあります。周期率表のもうひとつの端には役立つものがないのでしょうか？　水素原子核を操作してヘリウム原子核を太陽のようにつくり出すことはできないのでしょうか？

いくつかの小さい原子核を，より大きい原子核１個に結合する過程を「核融合（かくゆうごう）」といいます。核融合はあたえられた燃料の重さにたいして，核分裂よりも多くのエネルギーを供給します。しかも，融合に使われる燃料の水素は，核分裂のための燃料となるいろいろな元素よりもはるかに一般的なものです。さらに核融合は核分裂ほど放射能を放出しないので，核分裂より安全です。

しかし，水素原子核を融合することはかんたんではありません。融合を起こすには数億度の熱を必要とします。

こうしたものすごい高温度を得るひとつの方法は，原子爆弾を使うことです。原子爆弾が，水素の固まりを融合するような方法で爆発すれば，その爆発は原子爆弾だけが爆発するよりもはるかに大きいものになります。

この爆弾は「水素爆弾（すいそばくだん）」，または「核融合爆弾（かくゆうごうばくだん）」と呼ばれます。

1952 年，アメリカは最初の核融合爆弾を太平洋のマーシャル群島で爆発させました。1945 年につくられた，最初の核分裂爆弾の数千倍の威力をもつ核融合爆弾がついにでき上がったのです。さいわいにも核融合爆弾は，これまでのところ戦争には使われていません。

しかし核融合は人間の手で制御できるのでしょうか？　水素を数億度まで熱して，ごく少量で融合させたり，爆発させずにエネルギーを放出させることができるのでしょうか？

アメリカやそのほかの国々の科学者たちは，およそ30年間これを研究してきましたが，いまだに成功していません。さらに研究を重ねているところです。

核融合をなしとげるために，科学者たちは「重水素」と呼ばれる特殊（とくしゅ）な水素を利用しています。この重水素の原子核はふつうの水素が陽子１個しかもたないのに，陽子１個と中性子１個をもっています。

それで重水素原子核の温度をひじょうに高くして，強力な磁気容器の中に保つことをしています。しかし制御できる核融合をはじめるには，重水素の温度をもっと高くし，長時間保つことが必要です。

いずれは科学者たちはこれをなしとげるでしょう。そうなると，わたしたちはひじょうに大きな原子力をもつことになり，しかもこれは核分裂よりはるかに安全に使用できますし，数百万年間つづくものなのです。

こうしてみてくると，たった１世紀のあいだに，わたしたちはずいぶん進んできています。100年まえ，科学者たちは陰極線がなんであるかを考えていましたが，いまでは地上に太陽のミニチュアをつくろうとしています。この小さな太陽は人類の役に立つものとなるでしょう。

さくいん

さ

た

な

は

ま

や

ら

●著者／監訳者紹介

●アイザック・アシモフ
1920年、ロシア生まれ。その後アメリカに移住。コロンビア大学で理学博士となる。現在、ボストン大学準教授。世界的な科学作家として著名。代表作に『宇宙の組成』(トマス・エジソン財団賞)、『生きた河』(ハリード・ブレイクスリー賞)、『知識人の科学案内』など。その他著作多数。

●竹内均
1920年、福井県生まれ。1943年、東京大学理学部卒。1963年、東京大学教授。1964年、ベルギー科学アカデミーよりラグランジュ賞受賞。1982年、NHK放送文化賞受賞。現在、東京大学名誉教授。科学雑誌『ニュートン』編集長。著書に『地球の科学』、『続地球の科学』、『地震の科学』など多数。

●科学発見シリーズ
10 原子力ってなに?
NDC 408　63p.　21.0cm×14.8cm

昭和57年10月15日／第1刷
昭和62年7月10日／第4刷

著者・アイザック・アシモフ
監訳者・竹内均

発行者・高森圭介
発行所・株式会社教育社

販売・教育社出版サービス株式会社
〒102 東京都千代田区富士見2-11-10 丸十ビル 電話(03)264-5477(代)

印刷・株式会社教育社　　製本・大一製本
落丁本，乱丁本はお取り替えいたします

定価・1000円／ISBN4-315-40384-9

定価＝1,000円　ISBN4-315-40384-9 C2340 ¥1000E

科学発見シリーズ⑩原子力ってなに?

目に見えない原子がばく大なエネルギーを出すのはなぜでしょう?
わたしたちはすでに、その力を知っています。
その力を真に役立つものとして使うためには?

科学発見シリーズ　全20巻

①地球は丸い?
②数字ってなに?
③電気ってなに?
④恐竜ってなに?
⑤細菌ってなに?
⑥ビタミンってなに?
⑦エネルギーってなに?
⑧すい星ってなに?
⑨原子ってなに?
⑩原子力ってなに?
⑪宇宙ってなに?
⑫地震ってなに?
⑬ブラックホールってなに?
⑭南極ってなに?
⑮人類の祖先ってなに?
⑯石油ってなに?
⑰石炭ってなに?
⑱太陽エネルギーってなに?
⑲火山ってなに?
⑳深海ってなに?